Министерство образования и науки Челябинской области

## Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение

# «Южно-Уральский государственный технический колледж»

**Методические рекомендации**

**к выполнению практических работ**

*по междисциплинарному курсу МДК01.01 «Электрические машины» профессионального модуля ПМ.01 «Организация и выполнение работ по эксплуатации и ремонту электроустановок»*

для специальности 08.02.09

“Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования

промышленных и гражданских зданий”

ФП «ПРОФЕССИОНАЛИТЕТ»

Челябинск

2022

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Методические рекомендации составлены в соответствии с рабочей программой профессионального модуля ПМ.01 «Организация и выполнение работ по эксплуатации и ремонту электроустановок» | ОДОБРЕНА  Предметной (цикловой)  комис­сией  протокол №  от «\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2022 г.  Председатель ПЦК  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_С.А.Чиняева | УТВЕРЖДАЮ  Заместитель директора по НМР  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_Т.Ю. Крашакова  «\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2022 г. |

## Составитель: Чиняева С.А. – преподаватель Южно-Уральского государственного технического колледжа

Согласовано: Пережогин А.А. – директор ООО "ЮжУралЭлектроМонтаж-5"

**СОДЕРЖАНИЕ**

|  |  |
| --- | --- |
| Пояснительная записка | 4 |
| Перечень практических работ | 5 |
| Требования к содержанию отчета | 6 |
| **Работа №1.** Расчет параметров и выполнение развернутой схемы обмотки якоря машины постоянного тока | 7 |
| **Работа №2.** Расчет параметров и выполнение развернутой схемы обмотки статора | 12 |
| **Работа №3.** Расчет резисторов в цепях двигателей постоянного  тока | 15 |
| **Работа №4.** Расчет резисторов в цепях асинхронных двигателей | 18 |
| Критерии оценки отчетных работ | 21 |
| Приложение А. Титульный лист | 22 |
| Список литературы | 23 |

**Пояснительная записка**

Методические рекомендации предназначены для выполнения практических работ по МДК1.1 «Электрические машины» темам: 1.1 Коллекторные машины постоянного тока; 1.3Асинхронные машины; 1.4Синхронные машины; 1.6 Основы электропривода.

Целью проведения практических работ является подтверждение, закрепление теоретического материала.

В учебном пособии дан перечень практических работ по соответствующим темам, содержание и порядок выполнения работ, контрольные вопросы по каждой работе.

Пособие предназначено для студентов очной и заочной форм обучения для работы в аудитории.

Пособие подготовлено в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования и рабочей программы профессионального модуля ПМ.01. Темы практических работ представлены в соответствии с порядком их изучения в теоретическом блоке МДК1.1 и позволяют сформировать профессиональную компетенцию:

- ПК1 «Организовывать и осуществлять эксплуатацию электроустановок промышленных и гражданских зданий».

Количество учебных часов соответствует рабочей программе. Преподавание дисциплины имеет практическую направленность и проводится в тесной взаимосвязи с дисциплинами профессионального цикла: электротехника, основы электроники, техническая механика.

В результате изучения студент должен:

* знать назначение, устройство и принцип действия электрических машин и трансформаторов, виды электроприводов, способы регулирования скорости в электроприводе;
* уметь выбирать и рассчитывать электротехнические элементы для схем включения и регулирования параметров электрических машин и электропривода.

**Перечень практических работ**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **№ п/п** | **Название работы** | **Количество часов** |
| 1 | **Работа №1.** Расчет параметров и выполнение развернутой схемы обмотки якоря машины постоянного тока | 4 |
| 2 | **Работа №2.** Расчет параметров и выполнение развернутой схемы обмотки статора машины переменного тока | 4 |
| 3 | **Работа №3.** Расчет резисторов в цепях двигателей постоянного тока | 4 |
| 4 | **Работа №4.** Расчет резисторов в цепях асинхронных двигателей | 4 |
|  | Итого | 16 |

**Требования к содержанию отчета**

Каждая отчетная работа должна содержать:

1. Титульный лист (Приложение А).
2. Цель работы.
3. Необходимые схемы, формулы и расчеты.
4. Таблицы с результатами расчетов.
5. Графики и диаграммы, построенные по результатам расчетов, если это требуется по заданию.
6. Ответы на контрольные вопросы.
7. Выводы по работе.

Схемы вычерчиваются в соответствии с требованиями ГОСТ с помощью условных обозначений на листах формата А4. Графическая часть отчета (схемы, таблицы, графики) выполняются карандашом с применением чертежных инструментов. Отчет можно выполнять в рукописном варианте или с применением ПК.

**Работа № 1. РАССЧЕТ ПАРАМЕТРОВ И ВЫПОЛНЕНИЕ РАЗВЕРНУТОЙ СХЕМЫ ОБМОТКИ ЯКОРЯ МАШИНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА**

**Цель работы:** научиться рассчитывать параметры и выполнять развернутую и электрическую схемы простой петлевой и волновой обмоток якоря машины постоянного тока.

В результате выполнения работы студент должен:

- **знать** типы обмоток якоря машины постоянного тока, правила их расчета;

- **уметь** рассчитать параметры и выполнить развернутую и электрическую схемы обмотки якоря.

**Ход работы:**

1. рассчитать параметры обмотки согласно варианта задания;

2. выполнить развернутую схему обмотки якоря машины постоянного тока;

3. выполнить электрическую схему построенной обмотки.

**Методические рекомендации:**

Пример построения петлевой обмотки якоря:

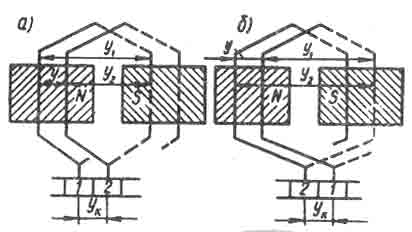


Рис.1. Простая петлевая обмотка

а) правоходовая, б) левоходовая

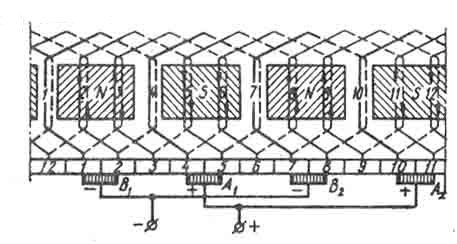


Рис.2. Развернутая схема простой петлевой обмотки

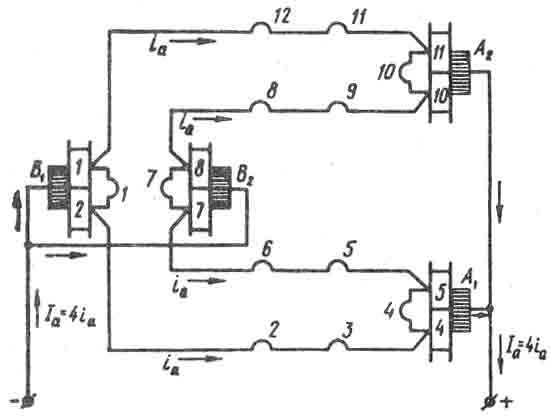


Рис.3.Электрическая схема простой петлевой обмотки

Пример построения волновой обмотки якоря:

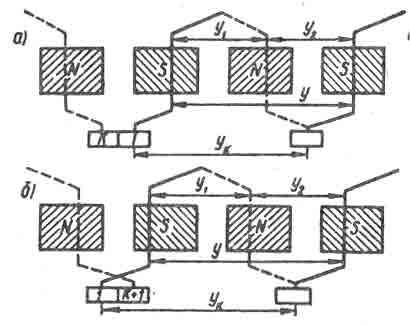


Рис.4. Простая волновая обмотка

а) левоходовая, б) правоходовая.

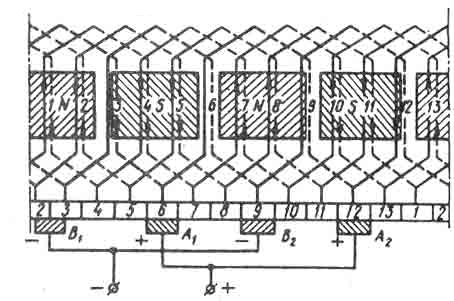


Рис.5. Развернутая схема простой волновой обмотки

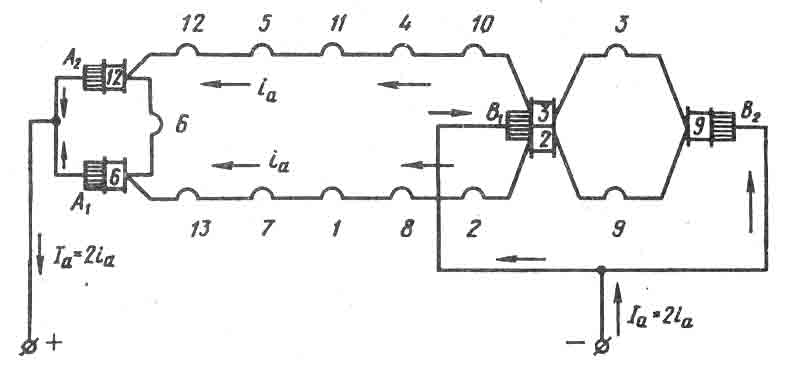


Рис. 6. Электрическая схема простой волновой обмотки

Расчет параметров обмотки:

τ =Z**/**2p – полюсное деление

y1 = Z**/**2p±ε – первый частичный шаг по якорю

y2 = y1± y – второй частичный шаг по якорю ( - правоходовая; + левоходовая)

y = ±1 – результирующий шаг

(- левоходовая; + правоходовая)

yк =±1 – шаг по коллектору

2a=2p – число параллельных ветвей у петлевой обмотки

2a=2 - число параллельных ветвей у волновой обмотки

**Варианты задания:**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Вариант** | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Z | 20 | 25 | 33 | 32 | 23 | 24 | 29 | 30 | 27 | 28 |
| 2p | 4 | 6 | 8 | 4 | 4 | 8 | 4 | 6 | 4 | 6 |
| **Тип**  **обмотки** | п | в | в | п | в | п | в | п | в | п |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Вариант** | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| Z | 18 | 10 | 32 | 14 | 16 | 25 | 28 | 16 | 28 | 25 |
| 2p | 2 | 4 | 6 | 6 | 8 | 4 | 4 | 4 | 6 | 6 |
| **Тип обмотки** | п | п | п | п | п | в | п | п | в | в |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Вариант** | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| Z | 31 | 18 | 20 | 12 | 23 | 18 | 20 | 33 | 24 | 24 |
| 2p | 6 | 4 | 6 | 6 | 6 | 6 | 8 | 4 | 6 | 4 |
| **Тип обмотки** | в | п | п | п | в | п | п | в | п | п |

**Контрольные вопросы:**

1. Назовите типы обмоток якоря машины постоянного тока.

2. Что такое полюсное деление?

3. Для чего выполняют развернутую схему обмотки?

**Работа №2. РАССЧЕТ ПАРАМЕТРОВ И ВЫПОЛНЕНИЕ РАЗВЕРНУТОЙ СХЕМЫ ОБМОТКИ СТАТОРА МАШИНЫ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА**

**Цель работы:** научиться рассчитывать параметры и выполнять развернутую схему трехфазной обмотки статора машины переменного тока.

В результате выполнения работы студент должен:

- **знать** типы обмоток статора машины переменного тока, правила их расчета и выполнения;

- **уметь** рассчитать параметры и выполнить развернутую схему обмотки статора.

**Ход работы:**

1. рассчитать параметры обмотки согласно варианта задания;

2. выполнить развернутую схему обмотки статора машины переменного тока.

**Методические рекомендации:**

Пример построения трехфазной двухслойной обмотки статора:

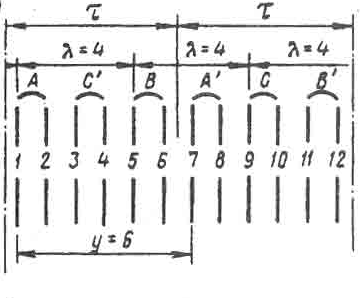


Рис.7. Разметка пазов на полюса и фазы

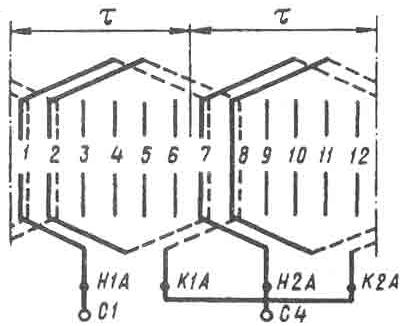


Рис.8. Последовательное соединение двух катушечных групп

фазной обмотки

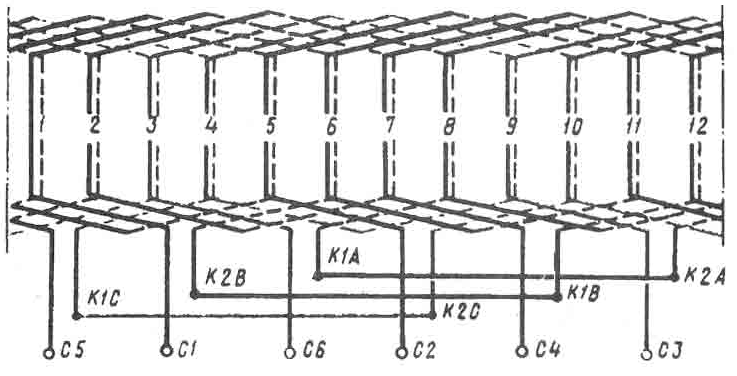


Рис.9. Развернутая схема трехфазной двухслойной обмотки.

Расчет параметров обмотки:

τ =Z**/**2p – полюсное деление

y1 = Z**/**2p – шаг обмотки по пазам

q1 = Z**/**(m\*2p) – число пазов на полюс и фазу

**Варианты задания:**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **вариант** | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| Z | 24 | 24 | 36 | 36 | 18 | 36 | 30 | 48 | 48 | 48 | 18 | 12 | 12 | 30 | 24 |
| 2p | 2 | 4 | 6 | 4 | 2 | 2 | 2 | 8 | 4 | 2 | 6 | 2 | 4 | 10 | 8 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **вариант** | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| Z | 24 | 24 | 36 | 36 | 18 | 36 | 30 | 48 | 48 | 48 | 18 | 12 | 30 | 24 | 12 |
| 2p | 2 | 4 | 6 | 4 | 2 | 2 | 2 | 8 | 4 | 2 | 6 | 4 | 10 | 8 | 2 |

**Контрольные вопросы:**

1. Назовите типы обмоток статора машины переменного тока.

2. Что называют катушечной группой?

3. Каковы достоинства и недостатки двухслойных и однослойных обмоток статора.

**Работа № 3. РАСЧЕТ РЕЗИСТОРОВ В ЦЕПЯХ ДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА**

**Цель работы:** научиться по паспортным данным двигателя определять сопротивление пусковых и регулировочных резисторов для двигателя постоянного тока, строить механические характеристики и пусковую диаграмму двигателя постоянного тока.

В результате выполнения работы студент должен:

- **знать** назначениемеханических характеристик и пусковой диаграммы;

**- уметь** рассчитывать пусковые и регулировочные резисторы, строить механические характеристики и пусковую диаграмму двигателя постоянного тока.

**Ход работы:**

1. определить сопротивление добавочного резистора,

2. построить естественную и искусственную механические характеристики двигателя,

3. построить пусковую диаграмму двигателя для заданных условий пуска и рассчитать сопротивления добавочных резисторов.

**Методические рекомендации:**

Совокупность двух или более искусственных характеристик, используемых при пуске двигателя, называется пусковой диаграммой. При ее расчете и построении заданными параметрами являются: паспортные данные двигателя; допустимые ток Iдоп или момент Мдоп; момент нагрузки Мс; пределы изменения тока или момента.

Рассмотрим пример построения пусковой диаграммы, если заданы Iдоп и Мс. Характеристики пусковой диаграммы могут быть использованы и для регулирования скорости.

Строится по паспортным данным двигателя естественная характеристика 1 двигателя (рис.10). Проводится вертикальная линия, соответствующая I1=Iдоп или М1=Мдоп. Через точки *a* и *b* с координатами (ω0,0) и (0, I1) проводится искусственная характеристика 3, соответствующая включению в цепь якоря всех ступеней пускового резистора.

Определяется ток переключения по приближенному соотношению I2=(1,1÷1,2) Iс и проводится вертикальная линия, соответствующая этому току. Через точку *с* пересечения этой линии с характеристикой 3 проводим горизонтальную линию до ее пересечения в точке *d*  с вертикалью, имеющей абсциссу I1. Через точки *а* и *d* проводится искусственная характеристика 2, а через точку *е* – еще одна горизонтальная до пересечения ее в точке *f* с естественной характеристикой 1.

Для точного попадания точек *с, d, e, f* на вертикали с абсциссами I1 и I2 производится подбор величины тока I2.

Полное сопротивление пускового реостата рассчитывается по формуле

Rд=U/ Iдоп-Rя

Сопротивления для ступеней пускового реостата можно рассчитать методом отрезков или методом пропорций.

C:\Documents and Settings\chinyaeva\Local Settings\Temporary Internet Files\Content.Word\Scan0065.tif

Рисунок 10. Пример построения пусковой диаграммы.

**Задание:**

1. Определить сопротивление резистора, включение которого обеспечит прохождение искусственной механической характеристики через точку с координатами ωи = 80 рад/с и Ми=24 Н·м. Построить естественную и искусственную механические характеристики.

2. Построить пусковую диаграмму, если Iдоп=2,6 Iном, Мс = 28 Н·м. Рассчитать сопротивления добавочных резисторов.

Паспортные данные двигателя взять из таблицы согласно варианту.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № варианта | Uном, В | Рном, кВт | Iном, А | nном, об/мин | Rя, Ом |
| 1 | 220 | 2,5 | 14,6 | 1140 | 1,53 |
| 2 | 220 | 4,5 | 26 | 1000 | 0,94 |
| 3 | 220 | 6,0 | 33 | 1070 | 0,57 |
| 4 | 220 | 8,0 | 44 | 820 | 0,41 |
| 5 | 220 | 12,0 | 65 | 740 | 0,28 |
| 6 | 220 | 16,0 | 86 | 670 | 0,16 |
| 7 | 220 | 5,5 | 31 | 1400 | 0,53 |
| 8 | 220 | 8,0 | 43,5 | 1450 | 0,32 |
| 9 | 220 | 12,0 | 64 | 1310 | 0,20 |
| 10 | 220 | 18,0 | 94 | 1140 | 0,12 |
| 11 | 220 | 24,0 | 124 | 1060 | 0,07 |
| 12 | 220 | 2,5 | 14,6 | 1180 | 1,57 |
| 13 | 220 | 4,5 | 26,5 | 1030 | 0,97 |
| 14 | 220 | 6,0 | 33,2 | 1100 | 0,59 |
| 15 | 220 | 8,0 | 44,3 | 840 | 0,42 |
| 16 | 220 | 12,0 | 65,7 | 770 | 0,03 |
| 17 | 220 | 16,0 | 86,4 | 690 | 0,21 |
| 18 | 220 | 5,5 | 31,5 | 1440 | 0,56 |
| 19 | 220 | 8,0 | 43,5 | 1510 | 0,34 |
| № варианта | Uном, В | Рном, кВт | Iном, А | nном, об/мин | Rя, Ом |
| 20 | 220 | 12,0 | 64,2 | 1360 | 0,2 |
| 21 | 220 | 18,0 | 94,1 | 1190 | 0,14 |
| 22 | 220 | 24,0 | 124,3 | 1100 | 0,09 |
| 23 | 440 | 32,0 | 82 | 980 | 0,2 |
| 24 | 440 | 4,0 | 12 | 1220 | 3,57 |
| 25 | 440 | 6,7 | 19 | 875 | 2,14 |
| 26 | 440 | 15,0 | 40 | 710 | 0,73 |
| 27 | 440 | 37,0 | 96 | 575 | 0,13 |
| 28 | 440 | 7,0 | 19,5 | 1460 | 1,7 |
| 29 | 440 | 17,0 | 45 | 1190 | 0,56 |
| 30 | 440 | 32,0 | 82 | 1000 | 0,22 |
| 31 | 440 | 17,0 | 45 | 1150 | 0,53 |
| 32 | 440 | 7,0 | 19,5 | 1420 | 1,69 |

**Контрольные вопросы:**

1. Что называется механической характеристикой двигателя?

2. Когда двигатель будет иметь искусственные механические характеристики?

3. Для чего строится пусковая диаграмма?

**Работа № 4. РАСЧЕТ РЕЗИСТОРОВ В ЦЕПЯХ АСНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**

**Цель работы:** научиться по паспортным данным двигателя строить механические характеристики, определять сопротивление регулировочных резисторов для асинхронного двигателя.

В результате выполнения работы студент должен:

- **знать** назначениемеханических характеристик;

**- уметь** рассчитывать регулировочные резисторы, строить механические характеристики асинхронного двигателя.

**Ход работы:**

1. рассчитать и построить естественную механическую характеристику двигателя,

2. рассчитать добавочное сопротивление ротора.

**Методические рекомендации:**

При построении механической характеристики асинхронного двигателя по паспортным данным используют упрощенные формулы:

М=2\*Мк/(s/sк+sк/s)

Для построения естественной характеристики рассчитать на менее 10 точек и строить двигательный участок характеристики, т.е. скольжение брать от 0 до 1. Пример характеристики приведен на рисунке 11.

C:\Documents and Settings\chinyaeva\Local Settings\Temporary Internet Files\Content.Word\Scan0066.tif

Рисунок 11. Механическая характеристика асинхронного двигателя.

Включение добавочных резисторов в цепь ротора применяется для регулирования тока, момента и скорости. Обычно требуется определить сопротивление дополнительного резистора R2д, при включении которого искусственная характеристика 3 (рисунок 12) будет проходить через заданную точку с координатами ωи. Ми. При этом предполагается, что естественная механическая характеристика двигателя известна. По графику естественной характеристики 1 определяем скольжения sе и sи, соответствующие заданному моменту Ми.

C:\Documents and Settings\chinyaeva\Local Settings\Temporary Internet Files\Content.Word\Scan0067.tif

Рисунок 12. Механические характеристики при включении добавочных сопротивлений в цепь ротора.

Рассчитываем добавочное сопротивление в цепи ротора:

R2д=Rр\*(sи / sе – 1)

Rр=Е2к\*sном/(√3\*I2ном)

**Задание:**

1. Рассчитать и построить естественную механическую характеристику двигателя.

2. Рассчитать добавочное сопротивление, при включении которого в цепь ротора механическая характеристика пройдет через точку с координатами ωи=0,6ωном, Ми=0,9Мном.

Паспортные данные двигателя взять из таблицы согласно варианту.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № варианта | Рном, кВт | nном, об/мин | I2 ном, А | Е2к, В | λ=Мк/Мном |
| 1 | 2 | 850 | 12 | 116 | 2 |
| 2 | 1,7 | 885 | 9,1 | 116 | 2 |
| 3 | 1,4 | 910 | 7,5 | 116 | 2 |
| 4 | 1,2 | 785 | 18,5 | 116 | 2 |
| 5 | 3,1 | 840 | 15 | 144 | 1,9 |
| № варианта | Рном, кВт | nном, об/мин | I2 ном, А | Е2к, В | λ=Мк/Мном |
| 6 | 2,7 | 890 | 11,5 | 144 | 1,9 |
| 7 | 2,2 | 920 | 8,4 | 144 | 1,9 |
| 8 | 1,7 | 850 | 21 | 144 | 1,9 |
| 9 | 4,5 | 870 | 18,7 | 165 | 1,9 |
| 10 | 4,1 | 895 | 15 | 165 | 1,9 |
| 11 | 3,5 | 920 | 11,5 | 165 | 1,9 |
| 12 | 2,8 | 895 | 23 | 165 | 1,9 |
| 13 | 6,5 | 915 | 20,2 | 203 | 2,4 |
| 14 | 5,8 | 930 | 16,9 | 203 | 2,4 |
| 15 | 5 | 950 | 13 | 203 | 2,4 |
| 16 | 4 | 895 | 30 | 203 | 2,4 |
| 17 | 10,5 | 915 | 25 | 256 | 2,1 |
| 18 | 9 | 930 | 19,8 | 256 | 2,1 |
| 19 | 7,5 | 945 | 15,5 | 256 | 2,1 |
| 20 | 6 | 925 | 56,9 | 256 | 2,1 |
| 21 | 14 | 935 | 51 | 172 | 2,5 |
| 22 | 13 | 945 | 42 | 172 | 2,5 |
| 23 | 11 | 960 | 34 | 172 | 2,5 |
| 24 | 9 | 665 | 32 | 172 | 2,5 |
| 25 | 10,5 | 680 | 26 | 245 | 3 |
| 26 | 9 | 695 | 21 | 245 | 3 |
| 27 | 7,5 | 710 | 16 | 245 | 3 |
| 28 | 6 | 680 | 63 | 245 | 3 |
| 29 | 15 | 695 | 53 | 165 | 3 |
| 30 | 13 | 705 | 43 | 165 | 3 |
| 31 | 11 | 705 | 43 | 165 | 3 |
| 32 | 8,2 | 720 | 32 | 165 | 3 |

**Контрольные вопросы:**

1. Что называется механической характеристикой асинхронного двигателя?

2. На какую координату электропривода влияет включение добавочного сопротивления в цепь ротора асинхронного двигателя?

3. Назовите способы регулирования скорости асинхронного двигателя.

Критерии оценки отчетных работ

|  |  |
| --- | --- |
| Критерии | Оценка |
| Графическая часть работы выполнена в соответствии с требованиями ГОСТ, приведены порядок расчетов и результаты расчетов в таблицах, построены все графики, указаны единицы измерения | Отлично |
| Графическая часть работы выполнена в соответствии с требованиями ГОСТ, порядок расчетов приведен не полностью, результаты расчетов в таблицах присутствуют, построены все графики, указаны не все единицы измерения | Хорошо |
| Графическая часть работы выполнена не в соответствии с требованиями ГОСТ, не приведен порядок расчетов, только результаты расчетов в таблицах, построены все графики, не указаны единицы измерения | удовлетворительно |

**ПРИЛОЖЕНИЕ А**

*Министерство образования и науки Челябинской области*

## *Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение*

## «Южно-Уральский государственный технический колледж»

##### ОТЧЕТ

*По практическим работам*

*междисциплинарного курса МДК01.01 «Электрические машины»*

*профессионального модуля ПМ.01 «Организация и выполнение работ по эксплуатации и ремонту электроустановок»*

### специальность 08.02.09

### «Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования

### промышленных и гражданских зданий»

###### 

###### Выполнил: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Группа: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

###### Проверил: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Челябинск

2018

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Кацман, М.М. Электрические машины [текст]: учебник/М.М.Кацман. - 13-е изд., стер.- М.:Академия, 2014.- 492:ил..
2. Поляков А. Е.Электрические машины, элетропривод и системы интеллектуального управления элетротех. комплексами/А.Е.Поляков, А.В.Чесноков, Е.М.Филимонова - М.: Форум,ИНФРА-М, 2015. - 224 с.